

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



“INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN EL ADHESIVO
ORTODÓNTICO PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO
DE LA APARATOLOGÍA FIJA”

Por

DANIELA VERANDA ADAME MONTEMAYOR

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN ORTODONCIA

Monterrey, Nuevo León.

Junio 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



“INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN EL ADHESIVO
ORTODÓNTICO PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO
DE LA APARATOLOGÍA FIJA”

Por

DANIELA VERANDA ADAME MONTEMAYOR

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN ORTODONCIA

Monterrey, Nuevo León.

Junio 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Los miembros del jurado aceptamos la investigación y aprobamos el documento que avala la misma, que como opción a obtener el grado de Maestría en Ortodoncia la

C.D. Daniela Veranda Adame Montemayor

Miembros del Jurado

PRESIDENTE

CD. PHD Especialista en Ortodoncia Roberto Carrillo González.

SECRETARIO

CD. MC. PHD. Roberto Carrillo Fuentesvilla.

VOCAL

CD. PHD. Posgraduada en Ortodoncia M.C. Hilda H.H. Torre Martínez.

Los Miembros Del Comité De Tesis Aprobamos La Investigación Titulada:

“INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN EL ADHESIVO
ORTODÓNTICO PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO
DE LA APARATOLOGÍA FIJA”

DIRECTOR DE TESIS

CD. MC. PHD. Roberto Carrillo Fuentesvilla.

CO-DIRECTOR

CD. PHD. Posgraduada en Ortodoncia M.C. Hilda H.H. Torre Martínez.

ASESOR CIENTÍFICO

CD. PHD Especialista en Ortodoncia Roberto Carrillo González

ASESOR EXTERNO

Dr. En O. Rogelio José Scougall Vilchis DDS, MDSc & Orth., PhD

ASESOR ESTADÍSTICO

L.A. MSP.DES. Gustavo Martínez Gonzáles

COORDINADOR DEL POSGRADO DE ORTODONCIA UANL

CD. PHD Especialista en Ortodoncia Roberto Carrillo González.

SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

C.D.M.E.O. PHD. Sergio Eduardo Nakagoshi Cepeda

DEDICATORIA

Esta investigacion es dedicada a mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Son mi mayor ejemplo.

Gracias.

Su hija

Daniela Veranda Adame Montemayor

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor y apoyo durante toda mi vida. Gracias por demostrarme que siempre se puede salir adelante y que la familia es lo mas importante en la vida de una persona. Gracias por darme una carrera para mi futuro

A mi madre, por que gracias a ella me he convertido en la persona que soy hoy. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Gracias por la familia que has formado para mi y mi hermano, que sin duda es la razón por la que estoy aquí en este momento.

A mi hermano Daniel, por siempre creer en mi y cuidarme en todo momento. También gracias por ayudarme a relajarme y disfrutar mi paso por el posgrado. Espero ser un buen ejemplo para ti.

A mi prometido Dago, gracias gracias gracias, por tu apoyo y tu amor incondicional en cada momento, por ser mi amigo y empujarme a llevar a cabo mi sueño. Por ayudarme a realizar mis presentaciones, revisar mi ortografía, a tener los modelos listos para mi mesa clínica, y mucho mas. Gracias por hacerme reír, por consentirme, por hacerme la mujer

mas feliz del mundo y por enseñarme a no tomarme las cosas tan enserio. Y lo mas importante gracias por enseñarme todo lo bueno de la vida.

Al Doctor Roberto Carrillo González, primeramente gracias por darme la oportunidad de estudiar en este gran posgrado. Gracias también por todos sus conocimientos; sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como ortodoncista. Su gran ejemplo de vida siempre seguirá conmigo.

A mi director de tesis, Dr. Roberto Carrillo Fuentes, gracias por haberme ayudado a culminar esta etapa tan importante en mi vida. Cada palabra, corrección de texto, su tiempo invertido en este estudio y su incondicional cooperación para mi ha sido muy valioso y me ha dado la oportunidad de llegar hasta aquí, mi agradecimiento será por siempre.

A la Doctora Hilda Torre, por su presencia incondicional, sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por todo lo que aprendí de usted, es una persona que admiro mucho y estoy inmensamente agradecida por todo su apoyo en estos tres años. Espero poder seguir contando con su amistad y compañía siempre.

A mi asesor externo, Doctor Rogelio Scougall, por su participación y empuje en el inicio y por ayudarme en la realización del experimento, que sin su apoyo no hubiese sido posible. Por sus correcciones y sugerencias al escribir esta tesis, y mas que nada por su gran empeño en todo lo que hace; se ha convertido en un ejemplo de vida para mi, y se que dios lo puso en mi camino para poder culminar este trabajo con éxito. Muchas gracias.

Quiero dar un agradecimiento especial a la Doctora Miriam de la Garza, quien fue una parte fundamental en la realizacion de mi experimento. Gracias por todo su apoyo.

A cada uno de mis maestros del posgrado, gracias por todas las enseñanzas que me aportaron, su paciencia y sus ganas de compartir sus conocimientos con todos nosotros a sido una experiencia realmente enriquecedora. Tienen mi completa admiracion por siempre.

A mis compañeros, ya que tuve la dicha de tener al mejor grupo de compañeros, por la simple razón de que gracias a ellos logre sacar mis estudios universitarios sin ningún problema, ellos me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de esta trayectoria. El ambiente de trabajo creado es simplemente perfecto, y su visión, motivación y optimismo me han ayudado en momentos muy críticos de la tesis. Los considero como parte fundamental de mi vida espero que ellos se sientan orgullosos, que ellos también me consideren a mi digno de poseer su amistad. No todo el mundo puede decir lo mismo de sus compañeros de trabajo. Soy una persona afortunada.

A Julio, Estercita, Angelica, Jessi, y Jorge, gracias por todo su apoyo, por ser las personas mas eficientes que existen, por ayudarnos a relajarnos y a que nuestra estancia en este posgrado sea realmente agradable.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por darme el apoyo financiero durante estos años de mi formacion academica.

Y por ultimo a todos los amigos que hice durante mis tres años, mis hermanos mayores y menores de los cuales aprendí mucho. Cuentan con mi amistad por siempre.

TABLA DE CONTENIDO

Sección

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN -----	1
ABSTRACT -----	2
1. INTRODUCCIÓN -----	3
2. HIPÓTESIS -----	4
3. OBJETIVOS -----	5
3.1 Objetivo general -----	5
3.2 Objetivo específico -----	5
4. ANTECEDENTES -----	6
4.1 Tratamiento Ortodóntico-----	6
4.2 Adhesión -----	6
4.3 Resina para brackets -----	8
4.4 Nano odontología -----	9
4.5 Plata -----	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS -----	11
5.1 Diseño del estudio -----	11
5.2 Tamaño de la muestra -----	11
5.3 Criterios de selección -----	11
5.4 Descripción del procedimiento -----	12
5.5 Prueba de resistencia al desprendimiento-----	16
5.6 Prueba de ARI -----	17
5.7 Método estadístico -----	18
6. RESULTADOS -----	19
7. DISCUSIÓN -----	22
8. CONCLUSIONES -----	24
9. RESUMEN BIOGRÁFICO-----	25
10. LITERATURA CITADA -----	26

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Odontología
Subdirección de Estudios de Posgrado. Posgrado de Ortodoncia
C.D.E.O. Daniela Veranda Adame Montemayor
Candidato a: Maestría en Ciencias Odontológicas con Orientación en Ortodoncia
“Incorporación De Nanopartículas De Plata En El Adhesivo Ortodóntico Para Aumentar
La Resistencia Al Desprendimiento De La Aparatología Fija”

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la resistencia a la tracción de los brackets cementados con adhesivo experimental con nanopartículas de plata y compararla con resina para brackets convencional.

Métodos: En este estudio se realizaron pruebas *in vitro* en 108 premolares humanos extraídos por motivos ortodónticos. Estos se lavaron y se mantuvieron en humedad al 100%. Los dientes se dividieron aleatoriamente en dos grupos iguales. GI: Grupo control y GII: Grupo experimental. Se cementaron brackets Alexander Sloth 18 (American Orthodontics, Wisconsin, EUA) en los dos grupos. El grupo I se cementó con resina convencional Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, EUA) y el Grupo II con adhesivo experimental con nanopartículas de plata. Se realizaron las pruebas de resistencia al desprendimiento en sentido vertical, utilizando una maquina universal de pruebas AGS-X (SHIMADZU, Kioto, Japón) y para evaluarlo estadísticamente utilizamos una prueba de diferencia de medias con un valor de significancia de $P \leq 0,05$. Después de la prueba al desprendimiento se evaluó microscópicamente la superficie del diente para medir la cantidad de adhesivo remanente con el índice ARI y se compararon los resultados de los dos grupos por medio de una prueba estadística de Chi cuadrada con un valor de significancia de $P < 0,01$.

Resultados: El promedio de la resistencia al desprendimiento del grupo experimental fue de 17.06 MPa que es significativamente mas alto que el del grupo control de 14.45 MPa con un valor P de 0,0470. Hubo una diferencia significativa en el índice de ARI entre los dos grupos. Los resultados del grupo control se distribuyeron mayormente entre los grupos 0 y 1; y el grupo experimental entre el rango de 2 y 3 que al compararlos con la prueba de Chi cuadrada da un resultado significativo con un valor de $P=0,000085$.

Conclusiones: Al comparar estos promedios entre si obtenemos que la resistencia del grupo experimental es mejor que la del grupo control; y el índice de ARI nos demostró que la resina con nanopartículas de plata tiene una mayor adhesión al diente en comparación con la resina convencional.

Palabras clave: nanopartículas de plata, resina, fuerza a la tracción, ARI, maquina de pruebas universales.

Director de Tesis:

Dr. Roberto Carrillo Fuentes

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Dental School

Graduate School

Orthodontic Department

D Ds, Ms. Daniela Veranda Adame Montemayor

Candidate for: Master's Degree in Dental Sciences with Orientation in Orthodontics

“Incorporation of Silver Nanoparticles in an Orthodontic primer to increase the shear bond strenght in fixed appliance”

ABSTRACT

Objetives: The aim of this study was to evaluate the effects of an orthodontic adhesive containing silver nanoparticles on the material's shear bond strength and compare it with a conventional adhesive.

Methods: In this study we performed in vitro tests on 108 human premolars extracted for orthodontic reasons. These were washed and held in 100% moisture. The teeth were randomly divided into two equal groups. GI: Control group and GII: Experimental group. Alexander Sloth 18 brackets (American Orthodontics, Wisconsin, USA) were cemented into the two groups. Group I was cemented with conventional resin Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, USA) and Group II with experimental silver nanoparticle adhesive. Vertical pullout tests were performed using a universal AGS-X test machine (SHIMADZU, Kyoto, Japan) and for statistical evaluation we used a mean difference test with a significance value of $P \leq 0.05$. After the shear bond strength test, the surface of the tooth was review microscopically to measure the amount of adhesive remaining with the ARI index and the results of the two groups were compared by means of a Chi square test with a significance value of $P = <0.01$.

Results: The average of the shear bond strength of GII was 17.06 MPa which is significantly higher than that of the GI of 14.45 MPa with a P value of 0.0470. There was a significant difference in the ARI index between the two groups. The results of the control group were mostly distributed between groups 0 and 1; And the experimental group between the range of 2 and 3 that when compared with Chi square test gives a significant result with a value of $P = 0.000085$.

Conclusions: When comparing these results, we obtain that the resistance of the experimental group is better than that of the control group; and the ARI index showed us that the adhesive with silver nanoparticles has a greater adhesion to the tooth compared to the conventional adhesive.

Key words: silver nanoparticles, adhesive, shear bond strength, ARI,universal test machine.

Thesis director:

Dr. Roberto Carrillo Fuentevilla

1. INTRODUCCIÓN

Es importante para el ortodoncista buscar la mejor manera de adherir la aparatología a los dientes y así controlar los movimientos de ortodoncia. La resistencia que tiene la resina convencional a veces no es la mejor y es necesario aumentar la resistencia a la tracción por que el desprendimiento de brackets es una de las principales causas de fallas en el tratamiento de ortodoncia.

Todos los ortodoncistas se encuentran en la búsqueda de nuevos materiales con nuevas tecnologías que puedan mejorar la resina para poder evitar que aumente el costo del tratamiento, y mejorar el tiempo de visita de los pacientes así como el tiempo de trabajo del clínico.

Esta investigación pretende demostrar que al colocar nanopartículas de plata en el adhesivo que se utiliza para cementar brackets se aumenta la resistencia a la tracción de la resina.

2. HIPÓTESIS

Al colocar nanopartículas de plata en la resina para cementación de brackets en dientes extraídos por razones ortodóncicas se aumenta la resistencia a la tracción en comparación con la de la resina sin nanopartículas de plata

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la resistencia a la tracción de los brackets cementados con resina con nanopartículas de plata

3.2 Objetivos específicos

Determinar por medio de una maquina para pruebas universales la resistencia a la tracción de brackets cementados con resina convencional

Analizar por medio de una maquina de pruebas universales la resistencia a la tracción de brackets cementados con resina con nanopartículas de plata

Evaluar el Índice de adhesivo remanente de los dos grupos

Comparar los objetivos anteriores entre si

4. ANTECEDENTES

Desde siempre la sonrisa fue la primer meta de los “reguladores” pero la oclusión fue la que dio a la ortodoncia la fundación científica. Ahora parece que la estética facial es de nuevo la razón principal por la cual los pacientes vienen a consulta (Wahl, 2005).

Los dientes apiñados, irregulares y protusivos han supuesto un problema para muchos individuos desde tiempos inmemorables y los intentos para corregir esta alteración se remontan como mínimo 1000 años a.C. (Proffit y cols, 1994).

4.1 Tratamiento Ortodóntico

La ortodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de supervisar, orientar y corregir las estructuras dentofaciales maduras y en crecimiento, incluyendo alteraciones que precisen desplazar los dientes o corregir las relaciones anormales y las malformaciones de las estructuras adyacentes mediante ajuste de las relaciones de los dientes entre si y con los huesos faciales a través de la aplicación de fuerzas funcionales que actúan en el complejo craneofacial (Proffit y cols, 1994).

El tratamiento ortodóntico involucra la aplicación de fuerzas a los dientes por medio de alambres activados que se insertan en el slot de un bracket bondeado al esmalte del diente.

Los brackets tienen dos componentes: las alas, que son las áreas de la inserción del alambre y la base, que es donde se adhiere al esmalte, por lo cual esta equipada con una malla que provee una retención micromecánica de la superficie metálica con el adhesivo y la resina (Eliades y cols., 2008).

4.2 Adhesión

Siempre se ha buscado la mejoría en términos de adhesión de los brackets al diente, al principio un nuevo sistema donde existiera una adhesión directa del bracket al diente y así disminuir el tiempo de trabajo, molestias en los pacientes, facilitar el retiro de placa dentobacteriana y eliminar las bandas metálicas, dado que la demanda de los pacientes aumentada cada vez más (George y cols, 1968).

En algunos estudios comenzaron a compararse los materiales para ver cuál ofrecía mayor resistencia al descementado, otorgándole superioridad a la técnica de primer con composite convencional, antes que a otros materiales como el ionómero de vidrio (Bishara y cols, 1999).

La adhesión en Ortodoncia es el resultado de un conjunto de interacciones que contribuyen a unir dos superficies entre ellas, el esmalte por un lado y por otro la base del bracket o de la banda por medio de un cemento. Para obtener resultados satisfactorios en la adhesión en Ortodoncia es necesario prestar mucha atención a los tres componentes que intervienen en su adhesión:

- 1) La superficie dental
- 2) La base del bracket
- 3) La resina

Son varios los factores que influyen en la resistencia al desprendimiento de un bracket, los cuales son: la aplicación o no de un agente grabador, el tiempo y cantidad de ácido fosfórico, el tipo de adhesivo, el diseño del bracket, la habilidad del ortodoncista y el medio bucal (Osorio y cols, 2003).

El fracaso en la adhesión de brackets es algo que ocurre frecuentemente y requiere el uso de un aditamento nuevo (Ramirez y cols, 2008)

En un estudio se reportó la presencia de una brecha de 10 μ m de ancho entre la unión del adhesivo y el esmalte alrededor de la base del bracket, en donde la acumulación de bacterias fue detectada. Estos resultados demuestran que el cementado del bracket con adhesivo es uno de los factores de riesgo mas potente para la desmineralización durante el tratamiento de ortodoncia y las observaciones clínicas han indicado que los sitios mas comunes de desmineralización es en la unión del esmalte con el adhesivo (Sug-Joon y cols, 2009).

La falta de adherencia durante la práctica clínica ha llevado a implementar pasos en la técnica de cementado de los brackets con resina. Comenzando con la utilización del ácido

grabador desde 1955 por Bounocore en los acrílicos, limpiar la superficie de las piezas con hipoclorito de sodio o clorhexidina, hasta la cantidad de resina óptima que se debe de usar. Pero no se ha logrado tener éxito aun (Bounocore 1955; Cantu y cols, 2011; Garcia y cols, 2011; Takeshi y cols, 2010)

Los fabricantes han creado sistemas de cementado de ortodoncia que puedan funcionar en presencia de humedad para mejorar la adhesión. Un desarrollo reciente ha sido un primer de ortodoncia (Transbond MIP , 3M Unitek ,marca registrada), que se afirma que es capaz de lograr suficiente fuerza de unión , incluso si la superficie del esmalte grabado ha sido contaminada con la humedad. Este material es químicamente idéntico a un agente de la dentina de unión hidrofílico (Single Bond , 3M Unitek , marca registrada) y contiene 2-hidroxietil metacrilato , copolímeros polialquenoato con grupos carboxilato , y ethanol. El fabricante recomienda su uso en junto con adhesivos de resinas fotopolimerizables o autocurables (Mavropoulos, 2003).

4.3 Resina para brackets

El adhesivo ortodontico tradicional para el cementado de brackets son composites de resina, introducidas a mediados de 1970. Estos adhesivos ortodónticos han sido utilizados exitosamente en esmalte que a sido grabado por acido en los últimos 40 años. Algunas de las desventajas de utilizar estos adhesivos es la perdida del esmalte al grabarlo con acido, perdida de esmalte rico en flúor al remover el bracket y la desmineralización (Illiadi et al, 2014).

Para mejorar las propiedades de las resinas, se han realizado estudios previos donde se enfocan en rellenos inorgánicos y monómeros de resina, mas el desarrollo de métodos de curación.

Las micropartículas y las fibras también se han utilizado para reforzar las resinas (Xia y cols, 2008)

En el estudio de Yang Xia y cols. en el 2008, utilizaron nanopartículas de TiO₂ tratadas con organosilano y allyltriethosilano (Ates) para reforzar las propiedades mecánicas de

las resinas, y en sus resultados se encontró que las partículas modificadas mejoran la fuerza mecánica de las resinas (Xia y cols, 2008).

La Nanotecnología abarca las estructuras en la escala nanométrica (1-100nm), y es considerada una tecnología vital por estar basada en el potencial económico y científico. (García y cols, 2011)

4.4 Nano-odontología

Actualmente la nano-odontología pareciera una situación de ficción, sin embargo los avances científicos en la nanotecnología para la mejor comprensión de la relación que existe entre las nanoestructuras de las piezas dentaria y los microorganismos colonizadores, abre una inmensa variedad de oportunidades y posibilidades que podrían revolucionar el mundo de la odontología, como es el que se podría mantener una salud oral integral, mediante el empleo de biomateriales, incorporando a la ingeniería tisular y nanorobots (Martínez y cols, 2011).

La nanoterapéutica ofrece la posibilidad de controlar la formación del biofilm oral por medio del uso de nanopartículas con actividad biocida, anti-adhesiva y capacidad de entrega (Allaker 2010).

Uno de los materiales que se utiliza para crear nanopartículas es la plata.

4.5 Plata

La plata se a usado por sus propiedades bactericidas por muchos años (Rodriguez y cols, 2012).

Las nanopartículas de plata (Ag-np) están entre las nanopartículas mas comercializadas debido a su potencial antimicrobiano (Asharani y cols, 2009).

En el estudio de Sug-Joon A. (2009) se compararon composites experimentales (ECAs) que contienen nanorellenos y nanopartículas de plata con dos composites de resina modificada con ionómero convencionales para analizar las características de la superficie, las propiedades físicas y antibacteriales contra el estreptococo causante de la caries. Se encontró que las ECAs tiene superficies mas ásperas debido a las nanopartículas, también

se encontró que tienen características similares a los composites de resina convencionales. Pero se encontró que las ECAs tienen menor adhesión bacteriana que las convencionales, y no hubo una diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre las dos resinas (Sug-Joon y cols, 2009).

Con la aparición de la nanotecnología y el diferente comportamiento que expresan las nanopartículas, se han realizado distintos intentos de tomar ventaja de este concepto en los cementos ortodónticos (Akhavan y cols, 2013).

Sobre los composites de resina que contienen iones implantados de plata como relleno y desprenden iones de plata se ha encontrado que tienen efectos antibacteriales sobre los estreptococos orales (Ahn y cols, 2009).

La actividad antibacterial de los cementos dentales es una propiedad muy importante cuando se cementan coronas, puentes, inlays, onlays o carillas, por que la bacteria puede aun estar presente en las paredes de la preparación o ganar acceso a la cavidad si es que hay microfiliación después del cementado (Rodriguez, 2012).

Los iones de plata están relacionados con una reacción en los grupos tiol en enzimas vitales o con las proteínas de las bacterias que lleva a una inactivación de proteínas, también interactúa directamente con el DNA, previniendo la replicación de este (Kim y cols, 2012).

Estos iones de plata se adhieren a grupos donadores de electrones en moléculas biológicas que contengan sulfuro o nitrógeno, resultando en defectos en la membrana celular de la bacteria, lo cual la lleva a la pérdida del contenido celular y a la muerte de esta (Monteiro y cols, 2011).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Diseño del estudio.

La presente investigación, corresponde a un estudio de tipo:

- Prospectivo
- Longitudinal
- Comparativo
- Experimental
- Abierto

5.2 Tamaño de la muestra.

En base a la tesis de maestría del Dr. Agustín Niño Brindis se hizo la determinación del tamaño de muestra, tomando la desviación estándar total ($s=28.1$), con un error de estimación de 0.96. También se consideró la fórmula para el tamaño de muestra de una variable continua, la cual fue:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2} = \frac{(1.96)^2 (28.1)^2}{(1)^2} = 108 \text{ con un 95\% de confianza.}$$

Con lo que cada grupo quedó integrado por 54 premolares.

5.3 Criterios de selección

Criterios de inclusión:

-Premolares superiores e inferiores humanos extraídos por razones ortodóncicas, sanos (sin desmineralización), y libres de obturaciones en caras vestibulares.

Criterios de exclusión:

-Premolares con restauraciones (amalgamas, resinas, selladores).

-Premolares con fracturas en la corona.

Criterios de eliminación:

-Premolares a los cuales se les descementó el bracket antes de la medición.

-Premolares que se fracturaron en el momento de la tracción.

5.4 Descripción del procedimiento

En este estudio se realizaron pruebas *in vitro* en 108 premolares humanos extraídos por motivos ortodónticos. Estos se lavaron y se mantuvieron en humedad al 100%.

Los dientes se dividieron aleatoriamente en dos grupos iguales. GI: Grupo control y GII: Grupo experimental.

Método

Se realizaron las pruebas de resistencia al desprendimiento en sentido vertical, aplicando una carga ocluso-gingival con una maquina universal de pruebas AGS-X (SHIMADZU, Kioto, Japón) obteniendo los valores en Newtons con una velocidad de 1mm/min. Se utilizó el software Trapezium X para realizar el procedimiento y los Newtons fueron convertidos en Megapascles. (Figura 1 y 2).



Figura 1. Maquina universal de pruebas AGS-X (Shimadzu)



Figura 2. Maquina de pruebas universales y software Trapezium X

Para dar comienzo al estudio a cada diente se le corto el ápice radicular con un disco de carburo, después se colocó en un molde de silicón con forma de cuadrado de 1cm de alto por 1cm de ancho; este cuadrado se llenó con acrílico autocurable marca Nic-Tone® (Zapopan, México) y con monómero de metacrilato de la misma marca. Se mezcló con una espátula hasta lograr una mezcla homogénea y se introdujo el diente sosteniéndolo en el centro del molde hasta que polimerizó el acrílico. (Figura 3)



Figura 3. Se colocaron los dientes en un molde de silicón con acrílico autocurable.

Después se retiró cada cubo del molde y se guardaron en suero fisiológico hasta el día de la colocación de los brackets. (Figura 4 y 5).

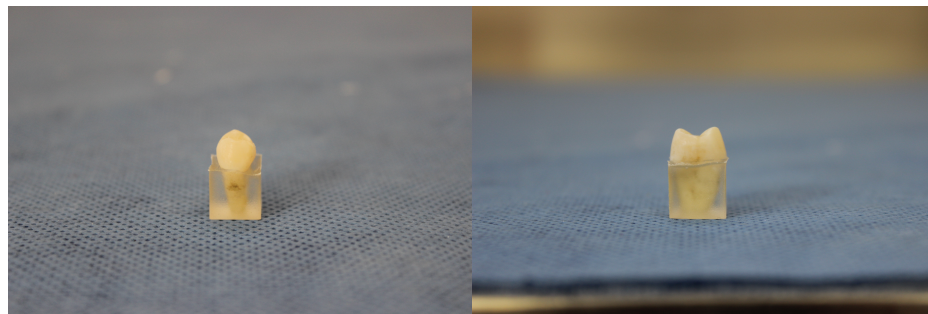


Figura 4. Premolar en cuadrado de acrílico al salir del molde de silicón

Figura 5. Se observan las paredes rectas del cubo.

-Colocación de los brackets

Grupo I

La cara vestibular de cada premolar fue preparada para la cementación de la siguiente manera:

- 1.- Se realizó profilaxis de la cara vestibular por 20 segundos con piedra pómez y cepillo profiláctico con un micromotor Rotex 780 (Dentamerica, San José, Estados Unidos).
- 2.- Se enjuagó cada diente por 10 segundos con agua.
- 3.- Se llevaron a un ultrasonido por 1 minuto para eliminar cualquier residuo de piedra pómez.
- 4.- Se secó con una toalla de papel.
- 5.- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 15s (Medental, Ciudad de México, México).
- 6.- Se enjuagó por 20 segundos.
- 7.- Se secó la cara vestibular con aire comprimido en aerosol libre de contaminantes.
- 8.- Se colocó una capa de resina líquida Transbond MIP (3M Unitek, Monrovia, EUA) con un aplicador para adhesivo.
- 9.- Se aplicó gentilmente aire comprimido en aerosol (Dust Off, EUA) a esta capa de adhesivo para adelgazar la película.
- 10.- Se cementó cada bracket Alexander Sloth 18 (American Orthodontics, Wisconsin, EUA) con resina (Transbond Plus Color Change, 3M Unitek, Monrovia, EUA) al centro de la corona.
- 11.- Se fotocuró cada bracket por 5 segundos en mesial y distal con una lámpara Elipar (3M ESPE).

12.- A cada bracket fotocurado se le colocó un tramo de alambre 0.017x0.025''ss de acero que se ligó con un módulo elástico para prevenir deformaciones durante el momento de la prueba de resistencia al desprendimiento. (Figura 6)



Figura 6. Premolar con bracket y un tramo de alambre 0.017x0.025ss

13.- Se colocaron los dientes ya con los brackets cementados en un recipiente con una solución con timol al 0.02%wt/vol para preservarlos inhibiendo el crecimiento microbiano y se llevaron a una incubadora a 37.5° centígrados por 24 horas.

Grupo II

Para el grupo experimental se preparó la resina líquida con nanopartículas de plata de la siguiente manera:

- 1.- Se tomó con una pipeta Biopette la resina líquida Transbond MIP (3M Unitek) y se colocó en una caja para mezclar resina.
- 2.- Después se tomó también con la pipeta la solución de nanopartículas a 10ml/100grs y se mezcló con la resina líquida. (Figura 7)

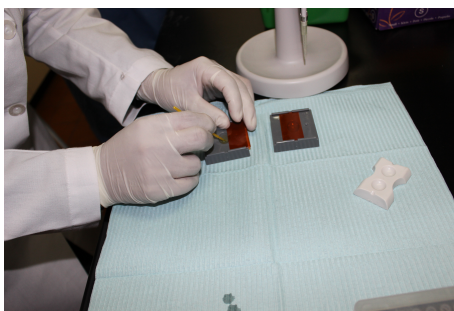


Figura 7. Mezcla de adhesivo con nanopartículas de plata.

3.- Al tener la mezcla se tapó la caja para evitar polimerización indeseable.

La cara vestibular de cada premolar fue preparada para la cementación como se ha descrito en el grupo I. A diferencia del grupo control; únicamente, se colocó una capa de adhesivo Transbond MIP (3M Unitek) mezclado con nanopartículas de plata con un aplicador para adhesivo.

5.5 Prueba de resistencia al desprendimiento

Se retiraron los recipientes con los dientes de la incubadora y se secaron sobre un campo.

Se llevó cada diente a la máquina de pruebas universales donde lo colocó en una prensa que sostenía el cubo de bucal y lingual, buscando que el bracket quedara perpendicular a la placa que aplica la fuerza. (Figura 8)

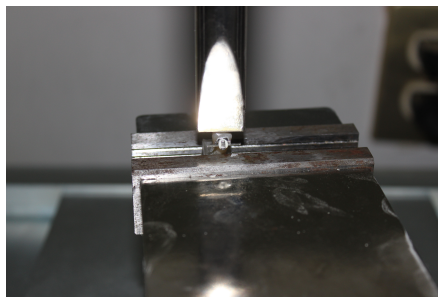


Figura 8. Diente posicionado en la maquina de pruebas.

Al tenerlo en su lugar la prueba iniciaba, con la placa descendiendo un milímetro por minuto, y al momento en que el bracket se desprendía la maquina se detenía, registrando en el software la cantidad de fuerza utilizada, y se registraba la cantidad en las tablas de registros.

5.6 Prueba de ARI (Índice de Adhesivo Remanente)

Después de la prueba al desprendimiento se evaluó microscópicamente la superficie del diente para medir la cantidad de adhesivo remanente.

La cantidad del adhesivo se evaluó en cada diente utilizando el índice de adhesivo remanente (ARI), que tiene un rango de 0 a 3:

0: Indica que no hubo adhesivo remanente en el diente.

1: Menos de la mitad del sitio de adhesión del bracket en el diente está cubierto de adhesivo.

2: Mas de la mitad del sitio de adhesión.

3: El sitio de adhesión está completamente cubierto de adhesivo.

Se examinó cada diente por medio de un stereomicroscopio (Stemi 2000-C, Carl Zeiss, Ciudad de México, México) con un aumento de 10x. (Figura 9 y 10).

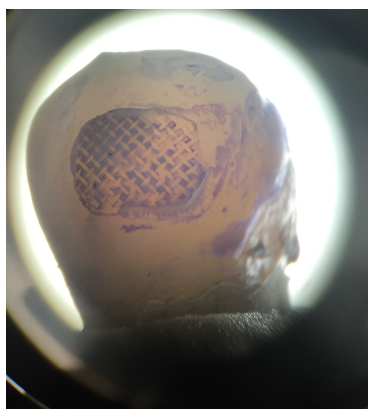


Figura 9. Visualización de residuo de adhesivo



Figura 10. Stereomicroscopio Stemi 2000-C

5.7 Método estadístico

Para realizar las pruebas estadísticas, se utilizó el programa IBM SPSS (STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCE VERSIÓN 24). Se obtuvieron estadísticas descriptivas de la prueba de fuerza al desprendimiento: media, desviación estándar mínimo y máximo; y gráfica de la estadística descriptiva.

Se compararon los dos grupos en la prueba de resistencia al desprendimiento por medio de una prueba de diferencia de medios. Para este análisis estadístico, se utilizó un límite de confianza del 95%, de manera que el valor P inferior o igual a 0,05 ($p \leq 0,05$) fue considerado estadísticamente significativos.

Así también con el propósito de cumplir los objetivos mencionados se realizó un análisis estadístico de Chi cuadrada para realizar una comparación del índice de adhesivo remanente entre los dos grupos. Para este último análisis, se utilizó un límite de confianza del 95%, de manera que valores de $P < 0,01$ fueron considerados estadísticamente significativos

6. RESULTADOS

Las mediciones realizadas del estudio fueron procesadas con el paquete estadístico SPSS (versión 24) obteniendo los resultados que se describen a continuación.

Prueba de resistencia al desprendimiento

En la Tabla 1 se muestra la estadística descriptiva de la resistencia al desprendimiento, expresado en megapascuales, entre grupo experimental y grupo control.

El promedio de la resistencia del grupo experimental (17.06 MPa) fue significativamente más alto que el del grupo control (14.45 MPa) con un valor P de 0.0470.

Tabla 1. Resistencia al Descementado (valores expresados en MPa).

	Control	Experimental	Valor P
Promedio	14.45	17.06	0.0470*
Mediana	15.86	15.80	
DE	6.45	6.20	
Varianza	41.64	38.49	
Valor Mínimo	0.00	6.95	
Valor Máximo	25.87	36.56	
Rango	25.87	29.61	
t: -2.03			

*El valor de significancia es $p < 0,05$

En la Figura 11 se observa la diferencia de medias de la resistencia al descementado expresado en megapascuales.

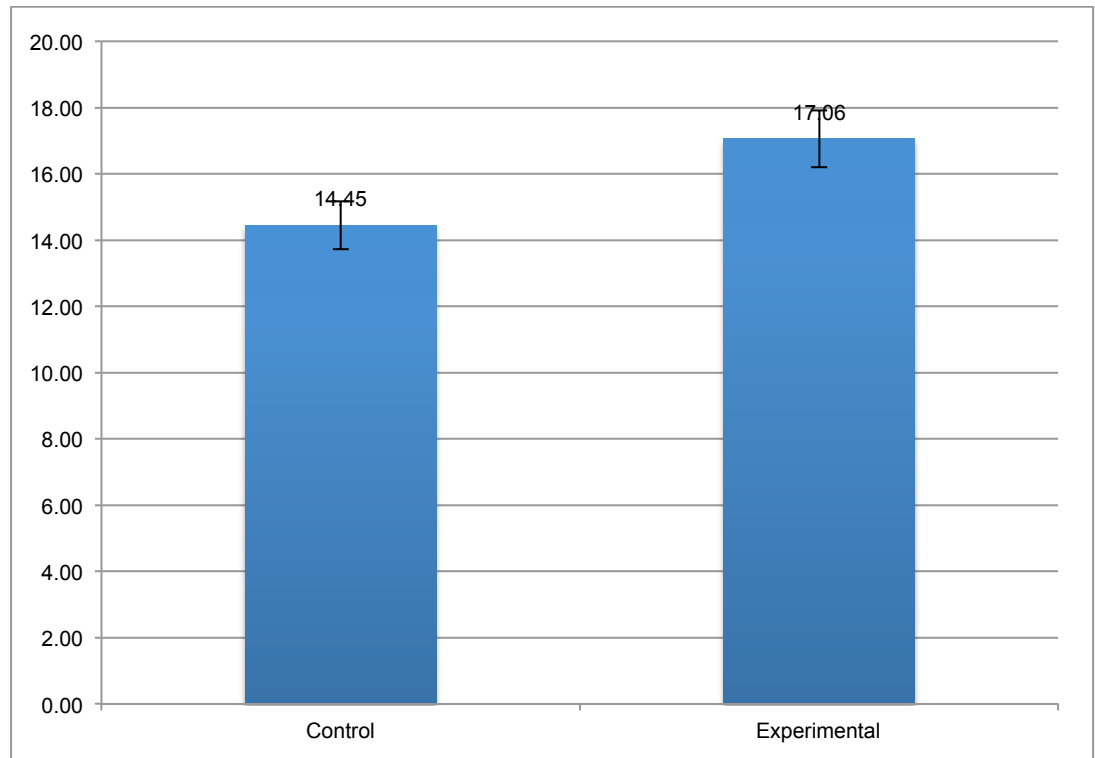


Figura 11. Barras representativas de la resistencia al descementado obtenido en ambos grupos, los valores se expresan en MPa.

Índice de ARI

En la Tabla 2 se muestra la comparación del Índice de Adhesivo Remanente (ARI) entre el grupo experimental y el grupo control.

Hubo una diferencia significativa en el patrón del residuo entre los dos grupos. Los resultados del grupo control se distribuyeron mayormente entre los grupos 0 y 1; y el grupo experimental entre el rango de 2 y 3.

Al compararlos con la prueba de Chi cuadrada da un resultado significativo con un valor de $P=0.000085$ ($p<0.01$).

Tabla 2. Frecuencias y porcentajes de los marcadores ARI.

Índice	Control		Experimental	
	n	%	n	%
0	22	40.74	10	18.52
1	31	57.41	25	46.30
2	1	1.85	13	24.07
3	0	0.00	6	11.11
Total	54	100	54	100
$X^2=21.42$, $p=0.000085$, *El valor de significancia es $p<0.01$				

7. DISCUSIÓN

Uno de los factores para el éxito de un tratamiento en ortodoncia es una correcta adhesión de la aparatología.

Recientemente se han desarrollado resinas que en su interior contienen nanorellenos que reduce la contracción de la resina durante la fotopolimerización.

Las nanopartículas pueden proporcionar una mayor estabilidad dimensional y disminuir la rugosidad de la superficie, que es un factor importante relacionado con la adhesión.

El principal propósito de este estudio fue evaluar si la colocación de nanopartículas de plata en la resina para brackets aumenta la adhesión de estos a los dientes y así poder lograr un mayor éxito en los tratamientos de ortodoncia.

Resistencia a la compresión o al descementado:

En el presente estudio se evaluaron dos grupos de premolares a los cuales se les cementaron brackets con resina convencional y con resina reforzando el adhesivo con nanopartículas de plata.

Se les realizó una prueba *in vitro* con una máquina de pruebas universales que midió la fuerza en megapascuales que se requiere para desprender los brackets de cada uno de los 54 premolares pertenecientes a cada grupo de premolares.

Al analizar los resultados de las pruebas realizadas, se observó que el grupo experimental mostraba un promedio de resistencia al desprendimiento mayor que el grupo control.

Similares hallazgos se encontraron en el estudio de Argueta-Figueroa, et. al., 2015, en donde los brackets cementados con resina con nanopartículas de cobre aumentaron significativamente la fuerza de adhesión del material en comparación con el grupo que fueron cementados con resina normal.

También se confirma en el estudio de Azam Akhavan, et. al., 2013, en donde la resina con nanopartículas de plata y de hidroxiapatita aumentaron la fuerza de adhesión de los brackets al compararlos con los que fueron cementados con resina convencional.

Sin embargo, en el estudio de Maryam Poosti, et. al. 2013, se encontró que las nanopartículas de óxido de titanio no mostraron un aumento significativo en la fuerza de adhesión al compararse con el grupo control.

Es importante mencionar que agregar NPs de plata al adhesivo es un procedimiento sencillo y económico. Además, las NPs de plata utilizadas en este estudio no afectaron la coloración del órgano dentario.

ARI

El patrón de residuo que permanece adherido al diente al desprender el bracket varía según la resina que se utiliza para cementarlo.

En este estudio los rangos del grupo control permanecieron en el índice de 0 y 1, mientras que el grupo experimental se mantuvo entre 2 y 3, resultando en una diferencia significativa.

Esto concuerda con el estudio de Argueta-Figueroa, et. al., 2015, donde de igual manera los resultados del grupo control se distribuyeron entre los niveles de 0 y 1, y los del grupo experimental dentro de los niveles de 2 y 3.

Sin embargo, en el estudio de Azam Akhavan, et. al., 2013 y de Maryam Poosti, et. al. 2013, no se encontró una diferencia significativa en los resultados del ARI.

8. CONCLUSIONES

Al analizar los resultados obtenidos bajo las condiciones de este estudio *in vitro*, se formularon las siguientes conclusiones:

- 1- Se acepta la hipótesis al observar que los brackets cementados con resina con nanopartículas de plata tienen mayor fuerza de adhesión.
- 2- Se determinó la fuerza al desprendimiento de los brackets cementados con resina convencional por medio de una máquina de pruebas universales y se obtuvo una media de 14.45 MPa
- 3- Se analizó por medio de una máquina de pruebas universales la fuerza al desprendimiento de los brackets cementados con una resina con nanopartículas de plata y se obtuvo un promedio de 17.06 MPa
- 4- Al comparar estos promedios entre si obtenemos que el promedio de la resistencia del grupo experimental fue significativamente más alto que el del grupo control con un valor P de 0.0470 ($P < 0.05$).
- 5- Acorde al índice de ARI, los brackets cementados con resina con nanopartículas de plata tiene una adhesión estadísticamente mas alta ($P < 0,01$) que la resina convencional.

9. RESUMEN BIOGRÁFICO

Daniela Veranda Adame Montemayor

Candidato para el grado de

Maestría en Ortodoncia

Tesis: INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN EL ADHESIVO ORTODÓNTICO PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE LA APARATOLOGÍA FIJA.

Campo de estudio: Ciencias de la Salud

Datos personales: Nacida en San Luis Rio Colorado, Sonora el 29 de Junio de 1989, hija de Daniel Adame Rodríguez y Elizabeth Montemayor Flores.

Educación: Egresada de la Universidad Autónoma de Baja California, con el grado de Cirujano Dentista.

Experiencia Profesional: Trabajo de cirujano dentista en clínica privada en San Luis Rio Colorado, Sonora.

LITERATURA CITADA

- 1.- A. Mavropoulos, A. Karamouzos, G. Kolokithas y A. Athanasiou. 2014. “In vivo evaluation of two new moisture-resistant orthodontic adhesive systems: a comparative clinical trial.” *Journal of Orthodontics*. 30 (2): 139–147
- 2.- Abiodun-Solanke IMF, Ajayi DM y Arigbede AO. 2014. “Nanotechnology and its Application in Dentistry”. *Annals of Medical and Health Sciences Research*. Septiembre – Octubre. 4:3.
- 3.- Akhilesh Rai, Asmita Prabhune y Carole C. Perry. 2010. “Antibiotic mediated synthesis of gold nanoparticles with potent antimicrobial activity and their application in antimicrobial coatings.” *The Royal Society of Chemistry*. 20, 6789–6798.
- 4.- Ali Borzabadi-Farahani, Ebrahim Borzabadi y Edward Lynch. 2013. “Nanoparticles in orthodontics, a review of antimicrobial and anti-caries applications” *Acta Odontologica Scandinavica*. 1-5
- 5.- Ana Paula Rodrigues Magalhaes, Laura Barbosa Santos, Lawrence Gonzaga Lopes, Cyntia Rodrigues de Araujo Estrela, Carlos Estrela, Erica Miranda Torres, Andris Figueiroa Bakuzis, Paula Carvalho Cardoso, y Marcus Santos Carria. 2012. “Nanosilver Application in Dental Cements”. *ISRN Nanotechnology*. Article ID 365438, 6 pages
- 6.- Anna Iliadi, Stefan Baumgartner, Athanasios E. Athanasiou, Theodore Eliades, y George Eliadese. 2014. “Effect of intraoral aging on the setting status of resin composite and glass ionomer orthodontic adhesives.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. Abril. 145:425-33

- 7.- Antoine E. G. Kerbusch, Anne M. Kuijpers-Jagtman, Jan Mulder y Wil J. M. Van Der Sanden. 2012. "Methods used for prevention of white spot lesion development during orthodontic treatment with fixed appliances." *Acta Odontologica Scandinavica*. 70: 564–568.
- 8.- Azam Akhavan, Ahmad Sodagar, Faramarz Motjahedzadeh y Kosar Sodagar. 2013. "Investigating the effect of incorporating nanosilver/nanohydroxyapatite particles on the shear bond strength of orthodontic adhesives." *Acta Odontologica Scandinavica*. 1-5
- 9.- Baocheng CA, Yuhua WANG, Na L, Bin LIU y Yingjie ZHANG. 2013. "Preparation of an orthodontic bracket coated with an nitrogen-doped TiO₂-xNy thin lm and examination of its antimicrobial performance." *Dental Materials Journal*. 32(2): 311–316.
- 10.- Berdan Aydin Sevinç y Luke Hanley. 2010. "Antibacterial Activity of Dental Composites Containing Zinc Oxide Nanoparticles." *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. Julio. 94(1): 22–31.
- 11.- Bishara Samir E., Ajlouni Raed, Soliman Manal M, Oonsombats Charuphan, Laffoon John F. y Warren John. 2007. "Evaluation Of A New Nano-Filled Restorative Material For Bonding Orthodontic Brackets." *World Journal of Orthodontics*. 8 (1): 8-12.
- 12.- Clayton Glen Spencera; Phillip M. Campbellb; Peter H. Buschangc; John Caid; Allen L. Honeymane. 2009. "Antimicrobial Effects of Zinc Oxide in an Orthodontic Bonding Agent." *Angle Orthodontist*. 79 (2).
- 13.- Douglas Roberto Monteiro, Luiz Fernando Gorup, Aline Satie Takamiya, Adhemar Colla Ruvollo-Filho, Emerson Rodrigues de Camargob y Debora Barros Barbosa. 2009. "The growing importance of materials that prevent

microbial adhesion: antimicrobial effect of medical devices containing silver.”
International Journal of Antimicrobial Agents, 34: 103–110.

14.- Douglas Roberto Monteiro, Luiz Fernando Gorup, Aline Satie Takamiya, Emerson Rodrigues de Camargo, Adhemar Colla Ruvolo Filho y Debora Barros Barbosa. 2011. “Silver Distribution and Release from an Antimicrobial Denture Base Resin Containing Silver Colloidal Nanoparticles.” Journal of Prosthodontics. 00 1–9

15.- Emma Weir, Antoin Lawlor, Aine Whelan y Fiona Regan. 2008. “The use of nanoparticles in anti-microbial materials and their characterization”. The Royal Society of Chemistry. Analyst. 133: 835–845.

16.- Ekaterini Paschos, Thomas Kleinschrodt, Tatiana Clementino-Luedemann, Karin C. Huth, Reinhard Hickel, Karl-Heinz Kunzelmann y Ingrid Rudzki-Janson. 2009. “Effect of different bonding agents on prevention of enamel demineralization around orthodontic brackets”. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Mayo. 135: 603–612.

17.- Fidel Martinez-Gutierrez, Peggy L. Olive, Adriana Banuelos, Erasmo Orrantia, Nereyda Nino, Elpidio Morales Sanchez, Facundo Ruiz y Horacio Bach. 2010. “Synthesis, characterization, and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effect of silver and titanium nanoparticles.” Octubre. 6(5): 681–688.

18.- George V. Newman, William H. Snyder y Charles E. Wilson Jr. 1968. “Acrylic Adhesives for Bonding Attachments to Tooth Surfaces.” The Angle Orthodontist. 38 (1): 12-18

19.- Héctor Ramón Martínez, Hernán Marcos Abdala, Emmanuel Treviño, Gabriela Garza, Alfonso Pozas y Gerardo Rivera. 2011. “Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología.” Revista CES Odontología. 24 (2)

20.- Hermes Ulises Ramírez Sánchez, Dora María Rubio Castellón, Fredy Alejandro Valencia Toro, y Eliezer García López. 2008. “Comparación del esfuerzo a la tracción de brackets arenados mediante óxido de aluminio nuevo y reciclado con y sin ultrasonido (estudio in vitro).” *Acta Odontologica Venezolana*. 46 (1).

21.- Ivette Garcia, Pedro Menchaca, Roberto Carrillo, Hilda Torre, Roberto Mercado. 2011. “Resistencia al desprendimiento de brackets utilizando clorhexidina”. Tesis de maestría; UANL; Diciembre.

22.- Jannette Cantú, Pedro Menchaca, Roberto Carrillo, Hilda Torre, Roberto Mercado. 2011. “Resistencia al desprendimiento de brackets con esmalte libre de placa utilizando hipoclorito de sodio como antibacteriano”; tesis de maestría; UANL. Noviembre.

23.- Juan Francisco Hernández-Sierra, Facundo Ruiz, Diana Corina Cruz Pena, Fidel Martínez-Gutiérrez, Alberto Emilio Martínez, Amaury de Jesús Pozos Guillén, Humberto Tapia-Pérez y Gabriel Martínez Castañón. 2008. “The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold.” *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 4 237–240.

24.- Liliana Argueta-Figueroa, Rogelio J. Scougall-Vilchis, Raúl A. Morales-Luckie y Oscar F. Olea-Mejía. 2015. “An evaluation of the antibacterial properties and shear bond strength of copper nanoparticles as a nanofiller in orthodontic adhesive”. *Australian Orthodontic Journal*. Mayo. 31:1

25.- Mahendra Rai, Alka Yadav y Aniket Gade. 2009. “Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials.” *Biotechnology Advances*. 27: 76–83.

- 26.- Mary Anne S. Melo, Lei Cheng, Ke Zhang, Michael D. Weir, Lidiany K. A. Rodrigues y Hockin H. K. Xu. 2013. "Novel dental adhesives containing nanoparticles of silver and amorphous calcium phosphate." *Dent. Mater.* Febrero. 29(2): 199–210.
- 27.- Mary A. S. Melo, Weslanny A. Morais, Vanara F. Passos, Juliana P. M. Lima y Lidiany K. A. Rodrigues. 2014. "Fluoride releasing and enamel demineralization around orthodontic brackets by fluoride-releasing composite containing nanoparticles". *Clinical of oral investigation*. 18:1343–1350
- 28.- Maryam Poosti, BaratAli Ramazanzadeh, Mojtaba Zebarjad, Parisa Javadzadeh, Mahboubeh Naderinasab y MohammadT. Shakeri. 2013. "Shear bond strength and antibacterial effects of orthodontic composite containing TiO₂ nanoparticles" *European Journal of Orthodontics*. 35: 676–679
- 29.- Michael G. Bounocore. 1955 "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces." *Journal of dental research*. 34: 849
- 30.- N. Wahl. 2005. "Orthodontics in 3 millennia. Chapter 1: Antiquity to the mid-19th century". *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 127:255-9
- 31.- Paola Cozza, Leonardo Martucci, Laura De Toffol y Santiago Isaza Penco. 2006. "Shear Bond Strength of Metal Brackets on Enamel." *Angle Orthodontist*. 76 (5).
- 32.- Proffit W.R., Fields H. W., Ackerman J.L., Sinclair P.M., Thomas P.M., Tulloch J.F. 1994. "Ortodoncia Teoria y Practica" Primera edición, Mosby/Doyma Libros
- 33.- PV AshaRani, M Prakash Hande y Suresh Valiyaveetil. 2009. "Anti-proliferative activity of silver nanoparticles." *BMC Cell Biology*. Septiembre. 10:65

- 34.- Raquel Osorio, Manuel Toledano y Franklin Garcia-Godoy. 1999. "Bracket bonding with 15- or 60- second etching and adhesive remaining on enamel after debonding." *The Angle Orthodontist*. 69 (1): 45-48
- 35.- René García-Contreras, Liliana Argueta-Figueroa, Cynthia Mejía-Rubalcava, Rocio Jiménez-Martínez, Sahamanta Cuevas-Guajardo, Paola Ariselda Sánchez-Reyna y Hugo Mendieta-Zeron. 2011. "Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice" *International Dental Journal*. 61: 297–301
- 36.- Rogelio J. Scougall-Vilchis, Chrisel Zárate-Díaz, Shusuke Kusakabe y Kohji Yamamoto. 2010. "Bond strengths of different orthodontic adhesives after enamel conditioning with the same self-etching primer." *Australian Orthodontic Journal*. 26 (1).
- 37.- R. P. Allaker. 2010. "The use of nanoparticles to control oral biofilm formation." *Journal of Dental Research*. Agosto. 89 (11)
- 38.- Samir E. Bishara, Valeria V. Gordan, Leigh VonWald y Jane R. Jakobsen. 1999. "Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. Enero. 115 (1)
- 39.- Shahin Kasraei, Lida Sami, Sareh Hendi, Mohammad-Yousef AliKhani, Loghman Rezaei-Sou y Zahra Khamverdi. 2014. "Antibacterial properties of composite resins incorporating silver and zinc oxide nanoparticles on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus*". *The Korean Academy of Conservative Dentistry*. 2:109.

- 40.- S.K. Sahoo, S. Parveen y J.J. Panda. 2007. "The present and future of nanotechnology in human health care." *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 3 20–31.
- 41.- Sonja Blöcher, Roland Frankenberger, Andreas Hellak, Michael Schauseil, Matthias J Roggendorf y Heike Maria Korbmacher-Steiner. 2015. "Effect on enamel shear bond strength of adding microsilver and nanosilver particles to the primer of an orthodontic adhesive". *BMC Oral Health*. 15:42
- 42.- Sug-Joon Ahn, Shin-Jae Lee, Joong-Ki Kook y Bum-Soon Lim. 2009. "Experimental antimicrobial orthodontic adhesives using nanofillers and silver nanoparticles." *Dental materials*. 25: 206–213
- 43.- Sukdeb Pal, Yu Kyung Tak, y Joon Myong Song. 2007. "Does the Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Depend on the Shape of the Nanoparticle? A Study of the Gram-Negative Bacterium *Escherichia coli*". *Applied And Environmental Microbiology*. Marzo. Vol. 73 No. 6: 1712–1720
- 44.- Takeshi Mugurumaa, Yoshitaka Yasudab, Masahiro Iijimac, Naohisa Kohdaa y Itaru Mizoguchi. 2010. "Force and amount of resin composite paste used in direct and indirect bonding." *The Angle Orthodontist*. 80: 1089-1094.
- 45.- Tancan Uysal, Ahmet Yagci, Banu Uysal y Gülsen Akdogan. 2010. "Are nano-composites and nano-ionomers suitable for orthodontic bracket bonding?." *European Journal of Orthodontics*. 32 78–82.
- 46.- Theodore Eliades, Spiros Zinelis, Christoph Bourauel y George Eliades. 2008. "Manufacturing of Orthodontic Brackets: A Review of Metallurgical Perspectives and Applications." *Recent Patents on Materials Science*. 1: 135-139

47.- Valiollah Arash, Keivan Anoush, Sayed Mahmood Rabiee, Manuchehr Rahmatei, y Saeid Tavanafar. 2015. “The Effects of Silver Coating on Friction Coefficient and Shear Bond Strength of Steel Orthodontic Brackets” Scanning. 37: 294–299.

48.- Volker Alta, Thorsten Bechertb, Peter Steinruckeb, Michael Wagenerc, Peter Seideld, Elvira Dingeldeind, Eugen Domanne y Reinhard Schnettlera. 2004. “An in vitro assessment of the antibacterial properties and cytotoxicity of nanoparticulate silver bone cement”. Biomaterials. 25: 4383–4391

49.- Yae-Jin Kima Dong-Yul Leeb Jin-Yong Leec Yong-Kyu Lim. 2012. “The effect of silver ion-releasing elastomers on mutans streptococci in dental plaque.”, The Korean Journal Of Orthodontics. 42:87-93

50.- Yang Xia, Feimin Zhang, Haifeng Xie y Ning Gu. 2008. “Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites.” Journal of dentistry. 36: 450–455.